



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 43 26 886 A 1

⑮ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**A 61 M 1/00**  
A 61 M 1/02  
A 61 M 1/14

⑯ Aktenzeichen: P 43 26 886.2  
⑯ Anmeldetag: 11. 8. 93  
⑯ Offenlegungstag: 16. 2. 95

**DE 43 26 886 A 1**

⑯ Anmelder:  
Bock, Herbert, 37176 Nörten-Hardenberg, DE; Knorr,  
Andreas, 37077 Göttingen, DE

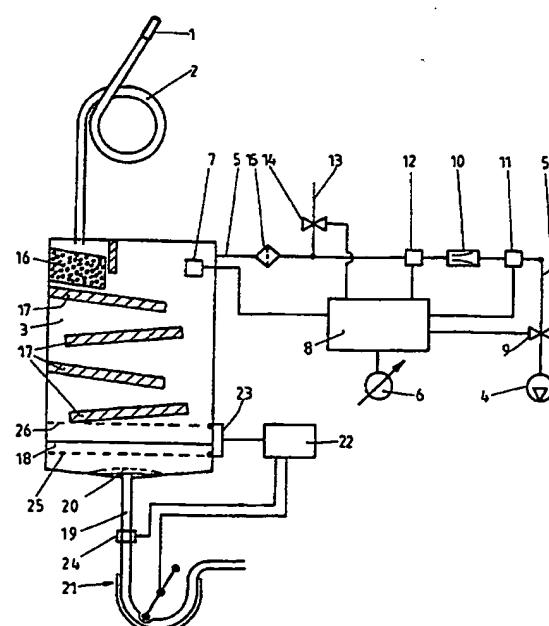
⑯ Vertreter:  
Rehberg, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 37085 Göttingen

⑯ Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Vorrichtung und Verfahren zum Absaugen und Aufbereiten von Blut aus Operationsfeldern

⑯ Eine Vorrichtung zum Absaugen und Aufbereiten von Blut (18) aus Operationsfeldern weist mindestens einen Blutsauger (1) auf, der über eine Blutleitung (2) mit einem teilweise gasgefüllten Blutreservoir (3) in Verbindung steht. In dem Blutreservoir (3) sind Einrichtungen (17) zum Entschäumen des abgesaugten Blutes vorgesehen. Das Blutreservoir (3) ist als Unterdruckkammer ausgebildet, wobei der in dem Blutreservoir (3) herrschende Unterdruck das Blut (18) über die Blutleitung (2) und dem Blutsauger (1) ansaugt.



**DE 43 26 886 A 1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 94 408 067/137

11/30

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Absaugen und Aufbereiten von Blut nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zum Absaugen und Aufbereiten von Blut nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9.

Bei verschiedenen Operationen verliert der Patient größere Mengen Blut im Operationsfeld, das wieder ersetzt werden muß. Dies gilt insbesondere, wenn von der Operation stark Blut führende Gefäße oder Organe, wie beispielsweise das Herz, betroffen sind. Um Fremdblutinfusionen wegen der damit verbundenen Gefahren einer Infektionsübertragung und anderer Komplikationen weitmöglichst zu vermeiden, ist eine Rückgewinnung des vom Patienten im Operationsfeld verlorenen Blutes erforderlich. Zu diesem Zweck muß das Blut abgesaugt und anschließend aufbereitet werden. Die Aufbereitung hat im wesentlichen darin zu bestehen, daß das abgesaugte Blut entschäumt, d. h. von freier Luft gereinigt wird. Daneben ist eine Filterung des Blutes von Fremdstoffen und eine Anreicherung mit gelöstem Sauerstoff sinnvoll. Das aufbereitete Blut kann dem Patienten normalerweise ohne Komplikationsgefahren wieder zugeführt werden. Bei der Aufbereitung ist natürlich darauf zu achten, daß keine unerwünschten Veränderungen des Bluts auftreten.

In Verbindung mit einer Herz-Lungen-Maschine, die die Herz- und Lungenfunktion bei einem Patienten während der Operation wahrnimmt, ist eine Vorrichtung zum Absaugen und Aufbereiten von Blut nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt. Mehrere Blutsauger stehen über Blutschläuche mit einem teilweise gefüllten Blutreservoir in Verbindung. Jedem der Blutschläuche ist dabei eine sogenannte Rollenpumpe zugeordnet. Im Bereich der Rollenpumpe wird der jeweilige Blutschlauch vor einer festen äußeren Abstützung in U-Form geführt. Auf der Innenseite der Abstützung ist ein rotierender Ausstreifer mit zwei um 180° versetzten, um eine gemeinsame Drehachse rotierenden Ausstreifarmen angeordnet. Am Ende der Ausstreifarme sind drehbar gelagerte Rollen vorgesehen, die den Schlauch zusammendrücken und in Absaugrichtung ausstreifen. Hierbei sind die Ausstreifarme wechselweise aktiv, d. h., während der eine Ausstreifarm in den Blutschlauch eingreift ist der andere Ausstreifarm frei. Von den Rollenpumpen wird das Blut über die Blutsauger abgesaugt und dem Blutreservoir zugeführt. In dem Blutreservoir enden die Blutschläuche im Inneren eines mit Silikonöl getränkten Polyurethanschwamms. Die Oberflächenspannungsverhältnisse zwischen dem Blut und dem Silikonöl sorgen für eine rasche Entschäumung des abgesaugten Blutes, wobei die freie, mit dem Blut angesaugte Luft von dem Blut abgetrennt wird. Das entschäumte Blut wird aus dem Blutreservoir einem zweiten Blutreservoir zugeführt, das gleichzeitig zur Aufnahme von venösem Blut des Patienten vorgesehen ist. Anschließend wird das Blut in einem Oxigenator mit gebundinem Sauerstoff angereichert und dann über eine sogenannte arterielle Pumpe einer Arterie des Patienten zugeführt. Der Oxigenator arbeitet nach dem Gegenstromprinzip, wobei semipermeable Membranen als Übertragungsflächen für den Sauerstoff in das Blut vorgesehen sind.

Als nachteilig stellt sich bei der bekannten Vorrichtung heraus, daß die Rollenpumpen über den Umlauf ihrer Ausstreifer eine stark schwankende Saugleistung aufweisen. Es kann sogar kurzzeitig zu einem Kurz-

schluß des Blutes über die Rollenpumpen kommen. Darüberhinaus wird das Blut im Bereich der Rollenpumpen stark schwankenden Drücken ausgesetzt. Hierbei werden Druckspitzen erreicht, die unmittelbar zu einer Beschädigung des Blutes führen können. Durch die Druckschwankungen, d. h., die pulsierende Pumpleistung der Rollenpumpen wird auch eine Vermischung des abgesaugten Bluts mit der ebenfalls abgesaugten Luft und damit die unerwünschte Schaumbildung gefördert. Letztlich erweist sich als Nachteil, daß die Saugleistungen der Rollenpumpen bei der bekannten Vorrichtung nur von Hand einstellbar sind. Ein Festsaugen der Blutsauger ist daher und aufgrund der auftretenden Druckspitzen nur schwer zu vermeiden. Ein Festsaugen der Blutsauger ist jedoch schnell mit einer Beschädigung des angesaugten Gewebes verbunden. Das in das Blutreservoir eintretende relativ stark verschäumte Blut erfordert bei der bekannten Vorrichtung eine große Silikonöloberfläche zur Entschäumung. Hierbei kommt es in relevantem Umfang zu einer sogenannten Silikonisierung des Blutes, bei der unerwünschter Weise Silikonöltröpfchen in das Blut gelangen. Dies kann zur Auslösung einer Fettembolie bei dem Patienten führen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufzuzeigen, in der das Blut beim Absaugen und Aufbereiten schonend behandelt und so eine unerwünschte Veränderung des Blutes beim Absaugen und Aufbereiten weitmöglichst verhindert wird. Ebenso soll ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 10 aufgezeigt werden, mit dem eine solche schonende Behandlung unabhängig von der dazu verwendeten Vorrichtung zu erreichen ist.

Bei der Vorrichtung zum Absaugen und Aufbereiten von Blut nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 wird dies dadurch erreicht, daß das Blutreservoir als Unterdruckkammer ausgebildet ist, wobei der in dem Blutreservoir herrschende Unterdruck das Blut über die Blutleitung und den Blutsauger ansaugt. Bei der neuen Vorrichtung wirkt keine Pumpe unmittelbar auf das Gemisch aus Blut und der mit dem Blut angesaugten Luft ein. Die Saugwirkung geht vielmehr von der unter Unterdruck stehenden Gasfüllung des Blutreservoirs aus. Auf diese Weise wird eine sehr gleichmäßige Saugleistung mit geringer Druckbeanspruchung des Blutes erreicht. Zugleich wirkt sich der in dem Blutreservoir herrschende Unterdruck positiv bei der Entschäumung des abgesaugten Blutes aus. Durch den Unterdruck wächst das Volumen der einzelnen Luftblasen an, wodurch sie einen größeren Auftrieb erfahren, damit schneller an die Blutoberfläche gelangen und auch schneller zerplatzen. So kann durch die Ausnutzung des Unterdrucks beim Entschäumen des Blutes die Menge des notwendigerweise eingesetzten Silikonöls erheblich reduziert werden. Hierdurch verringert sich die Gefahr einer Fettembolie durch in den Blutkreislauf des Patienten gelandiges Silikonöl.

Das Blutreservoir kann zum Anschluß an eine regelbare Vakuumquelle vorgesehen sein und/oder die Vorrichtung kann eine Druckregleinrichtung für den Unterdruck in dem Blutreservoir aufweisen, um mit Hilfe eines Drucksensors einen vorgebbaren Unterdruck in dem Blutreservoir einzustellen. Eine möglichst konstante Saugleistung mit der das Blut schonend aus dem Operationsfeld in das Blutreservoir gefördert wird, setzt einen möglichst konstanten Unterdruck in dem Blutreservoir voraus. Zu diesem Zweck ist der Anschluß des Blutreservoirs an eine regelbare Vakuumquelle möglich. Für

die Regelung des Druckistwertes auf einen vorgegebenen Drucksollwert ist ein Drucksensor in dem Blutreservoir vorzusehen. Zusätzlich zu der regelbaren Vakuumquelle, aber insbesondere, falls eine nicht regelbare Vakuumquelle zur Verfügung steht, kann die Vorrichtung auch eine Druckregeleinrichtung für den Unterdruck in dem Blutreservoir aufweisen. Vakuumquellen mit weitgehend konstanter Saugleistung bzw. weitgehend konstantem endseitigen Unterdruck sind in vielen Operationssälen als Grundausrüstung vorgesehen.

Vorzugsweise ist bei der neuen Vorrichtung eine Mehrzahl von Blutsaugern vorgesehen, die über eine Mehrzahl von Blutleitungen mit einer Mehrzahl von Blutreservoirs in Verbindung steht, wobei jedes Blutreservoir zum Anschluß an eine separate regelbare Vakuumquelle vorgesehen ist und/oder die Vorrichtung eine separate Druckregeleinrichtung für den Unterdruck in jedem Blutreservoir aufweist, um jeweils mit Hilfe eines Drucksensors unterschiedliche vorgebbare Unterdrücke in den Blutreservoirs einzustellen. Bei einer Mehrzahl von Blutsaugern ist es häufig sinnvoll, unterschiedliche Saugleistungen vorzusehen. So können beispielsweise mit einem Blutsauger hoher Leistung große Blutmengen schnell abgesaugt werden, während ein anderer Blutsauger geringer Leistung eine geringere Tendenz zum Festsaugen an Gewebe aufweist und so auch zum Absaugen kleinerer Blutmengen geeignet ist. Um die unterschiedlichen Saugleistungen zu erreichen, sind den einzelnen Blutsaugern eigene Blutreservoirs zuzuordnen, in denen jeweils ein bestimmter Unterdruck eingestellt wird. Unterschiedliche Saugleistungen lassen sich behelfsmäßig auch durch ein einziges Blutreservoir und unterschiedlich lange Blutleitungen zwischen dem Blutreservoir und den Blutsaugern einstellen. Hierbei weist der Blutsauger die geringste Saugleistung auf, der über die längste Blutleitung mit dem Blutreservoir in Verbindung steht.

In dem Blutreservoir können Leitbleche vorgesehen sein, über die und/oder von denen das Blut mit geringer Schichtdicke abläuft. Mit den Leitflächen wird das strömende Blut auf geringe Schichtdicke ausgezogen, um eine besonders große Oberfläche bereitzustellen, an der die mit dem Blut vermischt freie Luft abgeschieden werden kann. Beim Fließen des Blutes in geringer Schichtdicke treten zudem Schwerkräfte auf, die insbesondere Luftblasen mit einem Durchmesser von der Größenordnung der Schichtdicke des strömenden Blutes rasch zum Zerplatzen bringen. Durch die Verwendung der Leitbleche in Zusammenwirken mit dem Unterdruck in dem Blutreservoir kann die notwendigerweise eingesetzte Menge des Silikonöls nochmals drastisch reduziert werden. Es ist sogar ein vollständiger Verzicht auf den mit Silikonöl getränkten Polyurethanschwamm möglich. Dies bedeutet, daß keine Silikonisierung des Blutes mehr auftritt.

Auf eine spezielle Ausbildung der Leitbleche kommt es bei der Vorrichtung nicht an. Sie müssen ausschl. zum Ausziehen des strömenden Blutes auf eine geringe Schichtdicke geeignet sein. Beispielsweise kann eine Mehrzahl von abwechselnd gegeneinander geneigten ebenen Leitblechen kaskadenförmig übereinander angeordnet sein, auf die das Blut von oben geleitet wird.

In dem Blutreservoir kann stromab hinter den Leitblechen ein Feinfilter zum Zurückhalten von Fremdkörpern und verbliebenen Luftblasen vorgesehen sein. Mit dem Blut werden auch Fremdkörper aus dem Operationsfeld abgesaugt. Diese Fremdkörper werden normalerweise durch den mit Silikonöl getränkten Polyure-

thanschwamm zurückgehalten. Zur Sicherheit, und insbesondere wenn der Polyurethanschwamm in Fortfall kommt, ist jedoch ein Feinfilter in dem Blutstrom, vor dem Auslauf des Blutreservoirs anzubringen. Dieses Feinfilter kann zugleich in dem entschäumten Blut verbliebene Luftblasen zurückhalten. Hierbei erweist sich eine Filterweite von ca. 40 µm als geeignet.

Vorzugsweise ist weiterhin stromab jedes Blutreservoirs ein Luftblasendetektor vorgesehen. Hierbei kann es sich um an sich bekannte Ultraschall-Transmissionssensoren handeln, die beim Auftreten von Luftblasen den betroffenen Blutstrom sofort stoppen.

Als Auslauf des Blutreservoirs kann eine regelbare Blutpumpe zum Abführen des entschäumten Blutes vorgesehen sein. Mit der Blutpumpe und einem Füllstandsensor ist der Füllstand in dem Blutreservoir automatisch einstellbar. Ein Abschalten der Pumpe vermag darüberhinaus ein Weiterleiten von Blut, das noch mit Luftblasen vermischt ist, zu verhindern.

Die Ausläufe einer Mehrzahl von Blutreservoirs können zusammengeführt werden, wobei die Blutpumpe stromab hinter der Durchführung angeordnet ist und wobei stromauf vor der Zusammenführung in jedem Auslauf ein separat ansteuerbares Ventil vorgesehen ist, um in jedem Blutreservoir mit Hilfe jeweils eines Füllstandssensors einen vorgebbaren Füllstandsbereich einzuhalten. Aus welchem Blutreservoir die Blutpumpe das Blut abzieht wird dabei durch die Ventile in den Ausläufen der Blutreservoirs festgelegt. Bei den Ventilen kann es sich um elektromagnetisch betätigbare Schlauchklemmen handeln, bei denen das Blut nur mit dem Schlauch und nicht mit anderen Teilen des Ventils in Berührung kommt. Der Füllstandsensor in dem Blutreservoir kann verschieden ausgebildet sein. Vorteilhaftweise ist der Füllstandsensor zumindest geeignet, zwei verschiedene Füllstände zu erfassen. Beim Überschreiten des ersten Füllstandes wird das dem Blutreservoir zugeordnete Ventil geöffnet und die Blutpumpe eingeschaltet. Beim Erreichen des höheren zweiten Füllstandes wird die Pumpenleistung der Blutpumpe erhöht, um eine übermäßige Füllung des Blutreservoirs mit Blut zu verhindern. Beim Unterschreiten der beiden Füllstände werden die jeweiligen Schritte rückgängig gemacht. Bei den Füllstand des Blutreservoirs kontinuierlich erfassenden Füllstandssensoren kann auch eine an sich bekannte PID-Regelung Anwendung finden.

Das entschäumte Blut kann stromab hinter der Blutpumpe einem zweiten Blutreservoir zugeführt werden, das auch für venöses Blut des Patienten vorgesehen ist, wobei stromab hinter dem zweiten Blutreservoir ein das Blut mit gebundenem Sauerstoff anreichernder Oxigenator angeordnet ist. Auch die neue Vorrichtung zur Absaugung und Aufbereitung von Blut kann integrierter Bestandteil einer Herz-Lungen-Maschine sein. Daraus ist es sinnvoll, das abgesaugte und aufbereitete Blut mit dem venösen Blut des Patienten zusammenzuführen und das Blut dann gemeinsam mit Sauerstoff anzureichern, bevor es in eine Arterie des Patienten zurückgepumpt wird. Je nach Umfang der im Operationsfeld freigesetzten Blutmengen kann das abgesaugte Blut bis zu 50% des insgesamt extern umgepumpten Blutes des Patienten ausmachen.

Bei einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10 wird die erfundungsgemäße Aufgabe dadurch gelöst, daß das Blut durch die Einwirkung von unter Unterdruck stehendem Gas angesaugt und daß das Blut unter Einwirkung des unter Unterdruck stehenden Gases entschäumt wird, wobei das strömende Blut

auf eine geringe Schichtdicke ausgezogen wird. Das vorzugsweise unter einem konstanten Unterdruck stehende Gas verhindert das Auftreten von Druckspitzen und sichert damit eine schonende Behandlung des Blutes beim Absaugen. In das unter Unterdruck stehende Gas, wobei es sich bei dem Gas selbstverständlich um ein solches handelt, das unschädlich für das abgepumpte Blut ist, tritt die freie Luft aus dem Blut mit erhöhter Rate über. Dieser Übertritt wird durch das Ausziehen des Blutes auf geringe Schichtdicke weiter gefördert. Bei dem unter Unterdruck stehendem Gas wird es sich in aller Regel um Luft handeln, die zusammen mit dem abzusaugenden Blut angesaugt wird. Es kann aber auch eine das Blut besonders schonende Schutzatmosphäre vorgesehen sein.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert und beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 die Vorrichtung zum Absaugen und Aufbereiten von Blut in einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2 die Vorrichtung zum Absaugen und Aufbereiten von Blut in einer zweiten Ausführungsform als integraler Bestandteil einer Herz-Lungen-Maschine und

Fig. 3 das Blutreservoir einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung.

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung weist einen Blutsauger 1 auf, der über eine Blutleitung 2 mit einem Blutreservoir verbunden ist. In dem Blutreservoir 3 herrscht Unterdruck, der durch eine Vakuumquelle 4 hervorgerufen wird. In einer Abpumpleitung 5 sind verschiedene Bestandteile einer Druckregeleinrichtung 6 bis 14 vorgesehen, mit deren Hilfe der Unterdruck in dem Blutreservoir 3 konstant gehalten wird. Zu der Druckregeleinrichtung 6 bis 14 gehört ein Sollwertgeber 6, mit dem ein Sollwert für den Unterdruck in dem Blutreservoir 3 vorgebar ist. Der Istwert des Unterdrucks wird mit einem Drucksensor 7 ermittelt. Den Vergleich des Istwerts mit dem Sollwert führt eine Steuereinheit 8 durch, die in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein Ventil 9 in der Abpumpleitung 5 betätigt. Zwischen dem Ventil 9 und dem Blutreservoir 3 ist ein Druckminderer 10 vorgesehen. Vor und hinter dem Druckminderer 10 sind zwei weitere Drucksensoren 11 und 12 in der Abpumpleitung angeordnet. Die Differenz zwischen den von den Drucksensoren 11 und 12 ermittelten Drücken ist ein Maß für den Durchsatz an abgepumpter Luft durch die Abpumpleitung 5. Diese Differenz wird von der Steuereinheit 8 berücksichtigt. Letztlich gehört zu der Druckregeleinrichtung 6 bis 14 eine Belüftungsleitung 13, in der ein Ventil 14 angeordnet ist, das ebenfalls von der Steuereinheit 8 betätigt wird. Um einen vorgegebenen Unterdruck in dem Reservoir 3 einzustellen, wird das Ventil 9 von der Steuereinheit 8 soweit geöffnet, daß der gewünschte Unterdruck erreichbar ist. Wird dabei die von den Sensoren 12 und 11 registrierte Druckreferenz besonders groß bedeutet dies, daß Luft ungehindert in das Blutreservoir 3 einströmen kann und entsprechend ein Nickerreichen des gewünschten Unterdrucks unerheblich ist. Eine vergleichsweise kleine Druckdifferenz weist auf ein abgedichtetes Reservoir 3 hin, das beispielsweise bei einem Festsaugen des Blutsaugers 1 auftritt. In diesem Fall ist ein Belüften des Blutreservoirs 3 über die Belüftungsleitung 13 sinnvoll. In der Abpumpleitung 5 ist zwischen der Einmündung der Belüftungsleitung 13 und dem Blutreservoir 3 ein Sterilfilter 15 vorgesehen. Das Sterilfilter 15 verhindert das Eindringen von Keimen in das Blutreservoir 3 über die Abpumpleitung 5. Durch den

mit der Druckregeleinrichtung 6 bis 14 eingestellten Unterdruck in dem Blutreservoir 3 wird Blut über den Blutsauger 1 und die Blutleitung 2 in das Blutreservoir 3 eingesaugt. Im Blutreservoir 3 erfolgt eine Aufbereitung des Blutes. Hierzu ist eingangsseitig ein mit Silikonöl getränkter Polyurethanschwamm 16 vorgesehen. Anschließend läuft das Blut über wechselseitig geneigte, kaskadenförmig angeordnete Leitbleche 17 nach unten ab. Hierbei wird das Blut auf eine geringe Schichtdicke ausgezogen, so daß durch den in dem Blutreservoir wirkenden Unterdruck eine wirksame Entschäumung des mit ebenfalls angesaugter Luft vermischten Blutes erfolgt. Der Unterdruck wirkt insofern beschleunigend bei der Entschäumung, als daß die Größe der Luftblasen mit sinkendem Druck anwächst und die vergrößerte Druckdifferenz zwischen dem Inneren der Luftblasen und deren Umgebung ein Platzen der Luftblasen beschleunigt. Eine weitere Beschleunigung des Platzens der Luftblasen tritt durch die Schwerkräfte ein, die auf die Luftblasen beim Abfließen des Blutes über die Leitfläche 17 einwirken. Diese Schwerkräfte treten für alle Luftblasen auf, deren Durchmesser von derselben Größenordnung wie die Schichtdicke des abfließenden Blutes ist. Das entschäumte Blut 18 sammelt sich unterhalb der Leitbleche 17 am Grund des Blutreservoirs 3. Es versteht sich, daß die Leitbleche 17 aus jedem Material hergestellt sein können, das sich gegenüber dem zu entschäumen Blut neutral verhält.

Am Grund des Blutreservoirs 3 ist vor einem Auslauf 19 ein Feinfilter 20 zum Zurückhalten von Fremdkörpern und in dem Blut 18 verbliebenen Luftblasen vorgesehen. In dem Auslauf 19 ist eine Rollenpumpe 21 vorgesehen, mit der das Blut 18 aus dem Blutreservoir 3 abgezogen wird. Die Rollenpumpe 21 wird von einer Steuereinheit 22 in Abhängigkeit von dem Signal eines Füllstandssensors 23 angesteuert. Zwischen dem Blutreservoir 3 und der Rollenpumpe 21 ist noch ein Luftblasendetektor 24 vorgesehen, der ebenfalls mit einem Eingang der Steuereinheit 22 verbunden ist. Sobald der Luftblasendetektor 24 Luftblasen in dem entshäumten Blut 18 registriert, wird über die Steuereinheit 22 die Rollenpumpe 21 gestoppt. Normalerweise wird die Rollenpumpe 21 von der Steuereinheit 22 in Gang gesetzt, sobald von dem Füllstanddetektor 23 das Erreichen eines ersten Füllstands 25 registriert wird. Beim Unterschreiten des Füllstands 25 wird die Rollenpumpe 21 entsprechend abgeschaltet. Beim Überschreiten eines zweiten Füllstands 26 wird die Pumpleistung der Rollenpumpe 21 von der Steuereinheit 22 erhöht, um ein weiteres Ansteigen des Blutes 18 in dem Blutreservoir 3 zu verhindern. Auf diese Weise wird der Füllstand des Reservoirs 3 immer oberhalb des Füllstands 25 gehalten, wobei ein deutliches Überschreiten des Füllstands 16 verhindert wird. Im Anschluß an die Rollenpumpe 21 kann das entshäumte Blut 18 dem Patienten wieder zugeführt werden.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der Vorrichtung zum Absaugen und Aufbereiten von Blut aus Operationsfeldern, bei der die Vorrichtung integraler Bestandteil einer Herz-Lungen-Maschine ist. Darüberhinaus sind statt einem Reservoir 3 und einem Blutsauger 1 drei parallel zueinander geschaltete Blutreservoirs 3 und drei voneinander unabhängige Blutsauger 1 vorgesehen. Jedem Blutreservoir 3 ist eine separate Druckregeleinrichtung 6 bis 14 zugeordnet, die hier nicht näher dargestellt sind und die an eine gemeinsame Druckquelle 4 angeschlossen sind. Auch der innere Aufbau der Blutreservoirs 3 stimmt mit demjenigen gemäß Fig. 1

überein. Allerdings sind die Füllstandssensoren 23 hier in der Lage, den Füllstand des Blutes in den Blutreservoirs 3 kontinuierlich zu bestimmen. Anhand der Signale der Füllstandssensoren 23 betätigt die Steuereinheit 22 die Rollenpumpe 21, die zentral für alle drei Blutreservoirs vorgesehen ist. Dabei kommt ein PID-Regelalgorithmus zur Anwendung. Vor der Rollenpumpe 21 ist ein Kreuzstück 27 vorgesehen, das die Ausläufe 19 der drei Blutreservoirs 3 zu einer einzigen Abzugleitung 28 zusammenfaßt. In jedem Auslauf 19 ist ein als elektromagnetisch betätigbare Schlauchklemme ausgebildetes Ventil 29 vorgesehen. Die Ventile 29 werden von der Steuereinheit 22 betätigt, so daß auf diese Weise die Saugleistung der Rollenpumpe 21 auf die einzelnen Blutreservoirs 3 verteilt wird. Die Steuereinheit 22 berücksichtigt beim Betätigen der Ventile 29 und der Pumpe 21 sowohl den aktuellen Füllstand in den drei Reservoirs als auch die aktuelle Füllstandsänderung.

Neben dem Ventil 29 ist in jedem Auslauf 19 ein Luftblasendetektor 24 vorgesehen, der beim Auftreten von Luftblasen das ihm nachgeschaltete Ventil 29 unmittelbar sperrt. Im Anschluß an die Rollenpumpe 21 ist in der Abzugleitung 28 ein weiteres Blutreservoir 30 vorgesehen. Das Blutreservoir 30 dient auch zur Aufnahme von venösem Blut des Patienten, das über eine Blutleitung 31 herangeführt wird. Im Anschluß daran gelangen das entschäumte und das venöse Blut gemeinsam zu einem Oxigenator 32, in dem das Blut mit gelöstem Sauerstoff angereichert wird. Anschließend wird das angereicherte Blut mit Hilfe einer arteriellen Blutpumpe 33 in eine Arterie des Patienten zurückgepumpt.

Eine alternative Ausführungsform des Blutreservoirs 3 zeigt Fig. 3 im Querschnitt. Hierbei ist das Blutreservoir 3 durch das Feinfilter 20 in zwei Kammern aufgeteilt. Die eingangsseitige Kammer strömt das Blut durch die Blutleitung 2 ein und trifft dabei auf die Leitbleche 17 und den zwischen dem ersten und dem zweiten Leitblech 17 angeordneten Polyurethanschwamm. Nach dem Ablaufen über die Leitbleche 17 gelangt das Blut seitlich durch das Feinfilter 20 in die zweite Kammer des Blutreservoirs 3. In der zweiten Kammer ist der Füllstandsensor 23 angeordnet, der auf diese Weise in seiner Funktion nicht durch verschäumtes Blut behindert wird. Auch der Ablauf 19 und die Absaugleitung 5 sind im Bereich von der Blutleitung 2 durch das Feinfilter 20 abgetrennten zweiten Kammer des Blutreservoirs 3 vorgesehen. So wird sicher verhindert, daß Blut in die Absaugleitung 5 gelangt. Hierzu trägt auch die geometrische Ausbildung des Polyurethanschwamms 16 bei, der einen direkten Kurzschluß des in das Blutreservoir 30 gelgenden Bluts zu der Absaugleitung 5 verhindert. Der Drucksensor 7 ist bei der Ausführungsform des Blutreservoirs 3 gemäß Fig. 3 im übrigen im Bereich der Absaugleitung 5 und nicht direkt in dem Blutreservoir 3 vorgesehen. Dies hat insbesondere dann Vorteile, wenn das Blutreservoir 3 als Einwegartikel ausgebildet ist. Entsprechend ist es auch zu bevorzugen, daß der Füllstandsensor 23 kein fester Bestandteil des Blutreservoirs 3 ist sondern beispielsweise über ein Sichtfenster den Füllstand des Bluts in dem Blutreservoir 3 erfaßt.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Blutsauger
- 2 Blutleitung
- 3 Blutreservoir
- 4 Vakuumquelle
- 5 Abpumpleitung

- |    |                    |
|----|--------------------|
| 6  | Sollwertgeber      |
| 7  | Drucksensor        |
| 8  | Steuereinheit      |
| 9  | Ventil             |
| 10 | Druckminderer      |
| 11 | Drucksensor        |
| 12 | Drucksensor        |
| 13 | Belüftungsleitung  |
| 14 | Ventil             |
| 15 | Sterilfilter       |
| 16 | Polyurethanschwamm |
| 17 | Leitblech          |
| 18 | Blut               |
| 19 | Auslauf            |
| 20 | Feinfilter         |
| 21 | Rollenpumpe        |
| 22 | Steuereinheit      |
| 23 | Füllstandsensor    |
| 24 | Luftblasendetektor |
| 25 | Füllstand          |
| 26 | Füllstand          |
| 27 | Kreuzstück         |
| 28 | Abzugleitung       |
| 29 | Ventil             |
| 30 | Blutreservoir      |
| 31 | Blutleitung        |
| 32 | Oxigenator         |
| 33 | Blutpumpe.         |

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Absaugen und Aufbereiten von Blut aus Operationsfeldern, mit mindestens einem Blutsauger, der über eine Blutleitung mit einem teilweise gasgefüllten Blutreservoir in Verbindung steht, wobei in dem Blutreservoir Einrichtungen zum Entschäumen des abgesaugten Bluts vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Blutreservoir (3) als Unterdruckkammer ausgebildet ist, wobei der in dem Blutreservoir (3) herrschende Unterdruck das Blut über die Blutleitung (2) und den Blutsauger (1) ansaugt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Blutreservoir (3) zum Anschluß an eine regelbare Vakuumquelle vorgesehen ist und/oder die Vorrichtung eine Druckregeleinrichtung (6 bis 14) für den Unterdruck in dem Blutreservoir (3) aufweist, um mit Hilfe eines Drucksensors (7) einen vorgebbaren Unterdruck in dem Blutreservoir (3) einzustellen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von Blutsaugern (1) vorgesehen ist, die über eine Mehrzahl von Blutleitungen (2) mit einer Mehrzahl von Blutreservoirs (3) in Verbindung steht und daß jedes Blutreservoir (3) zum Anschluß an eine separate regelbare Vakuumsquelle vorgesehen ist und/oder die Vorrichtung eine separate Druckregeleinrichtung (6 bis 14) für den Unterdruck in jedem Blutreservoir (3) aufweist, um jeweils mit Hilfe eines Drucksensors (7) unterschiedliche vorgebbare Unterdrücke in den Blutreservoirs (3) einzustellen.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Blutreservoir (3) Leitbleche (17) vorgesehen sind, über die und/oder von denen das Blut (18) mit geringer Schichtdicke abläuft.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, daß in dem Blutreservoir, stromab hinter den Leitblechen (17) ein Feinfilter (20) zum Zurückhalten von Fremdkörpern und verbliebenen Luftblasen vorgesehen ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 5  
dadurch gekennzeichnet, daß stromab jedes Blutreservoirs (3) ein Luftblasendetektor (24) vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, 10  
dadurch gekennzeichnet, daß im Auslauf (19) des Blutreservoirs (3) eine regelbare Blutpumpe (21) zum Abführen des entschäumten Bluts (18) vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausläufe (19) einer Mehrzahl von 15 Blutreservoirs (3) zusammengeführt werden, wobei die Blutpumpe (21) stromab hinter der Zusammenführung (27) angeordnet ist, und daß stromauf vor der Zusammenführung (27) in jedem Auslauf (19) ein separat ansteuerbares Ventil (29) vorgesehen 20 ist, um in jedem Blutreservoirs (3) mit Hilfe jeweils eines Füllstandssensors (23) einen vorgebbaren Füllstandsbereich einzuhalten.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das entschäumte Blut (18) 25 stromab hinter der Blutpumpe (21) einem zweiten Blutreservoir (30) zugeführt wird, das auch für venöses Blut des Patienten vorgesehen ist, und daß stromab hinter dem zweiten Blutreservoir (30) ein das Blut mit Sauerstoff anreichernder Oxigenator 30 (32) angeordnet ist.

10. Verfahren zum Absaugen und Aufbereiten von Blut aus Operationsfeldern, wobei das abgesaugte Blut entschäumt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Blut durch die Einwirkung von unter Unterdruck stehendem Gas angesaugt und daß das Blut unter Einwirkung des unter Unterdruck stehendem Gases entschäumt wird, wobei das strömende Blut auf eine geringe Schichtdicke ausgezogen wird.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**- Leerseite -**

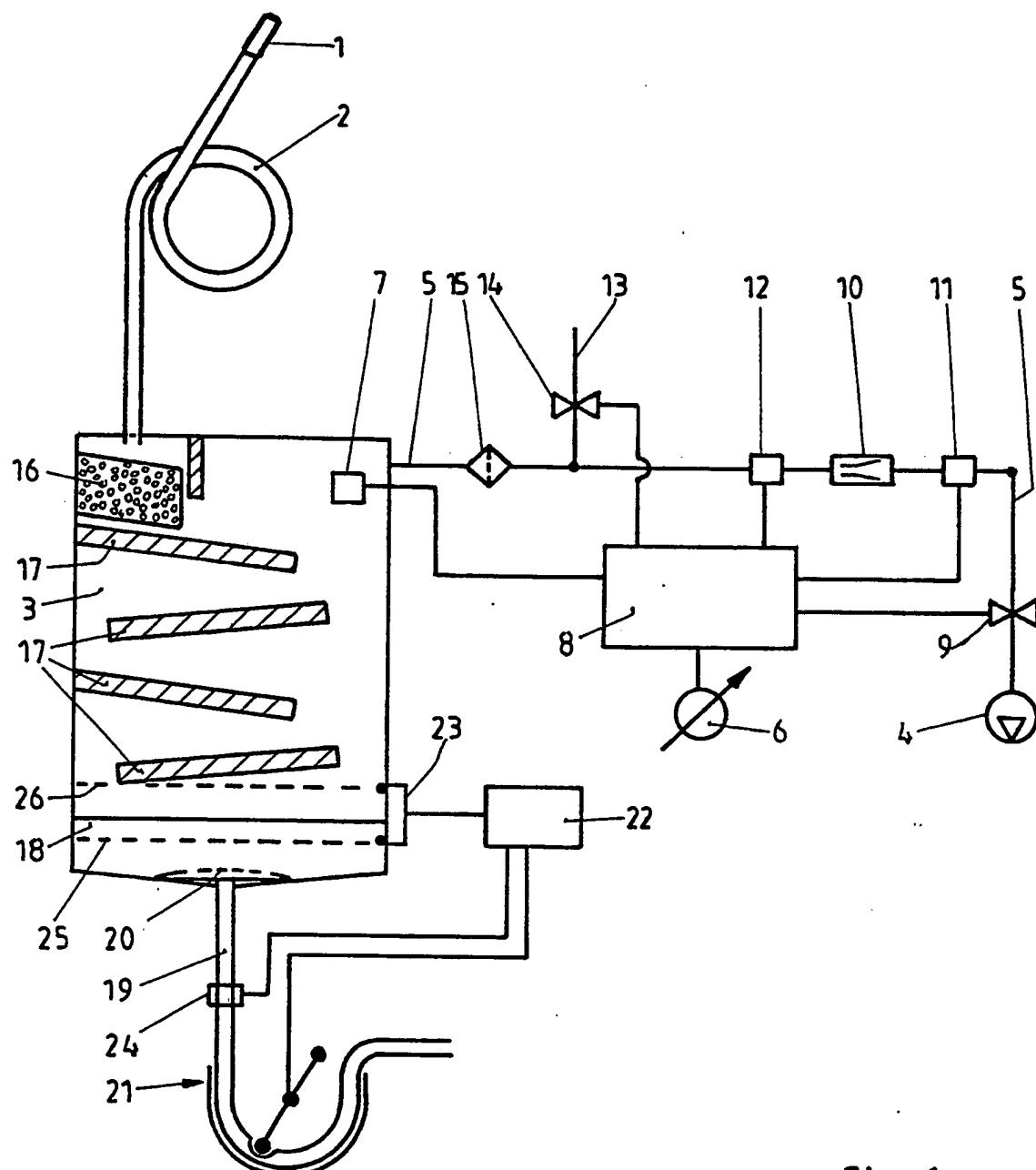


Fig. 1

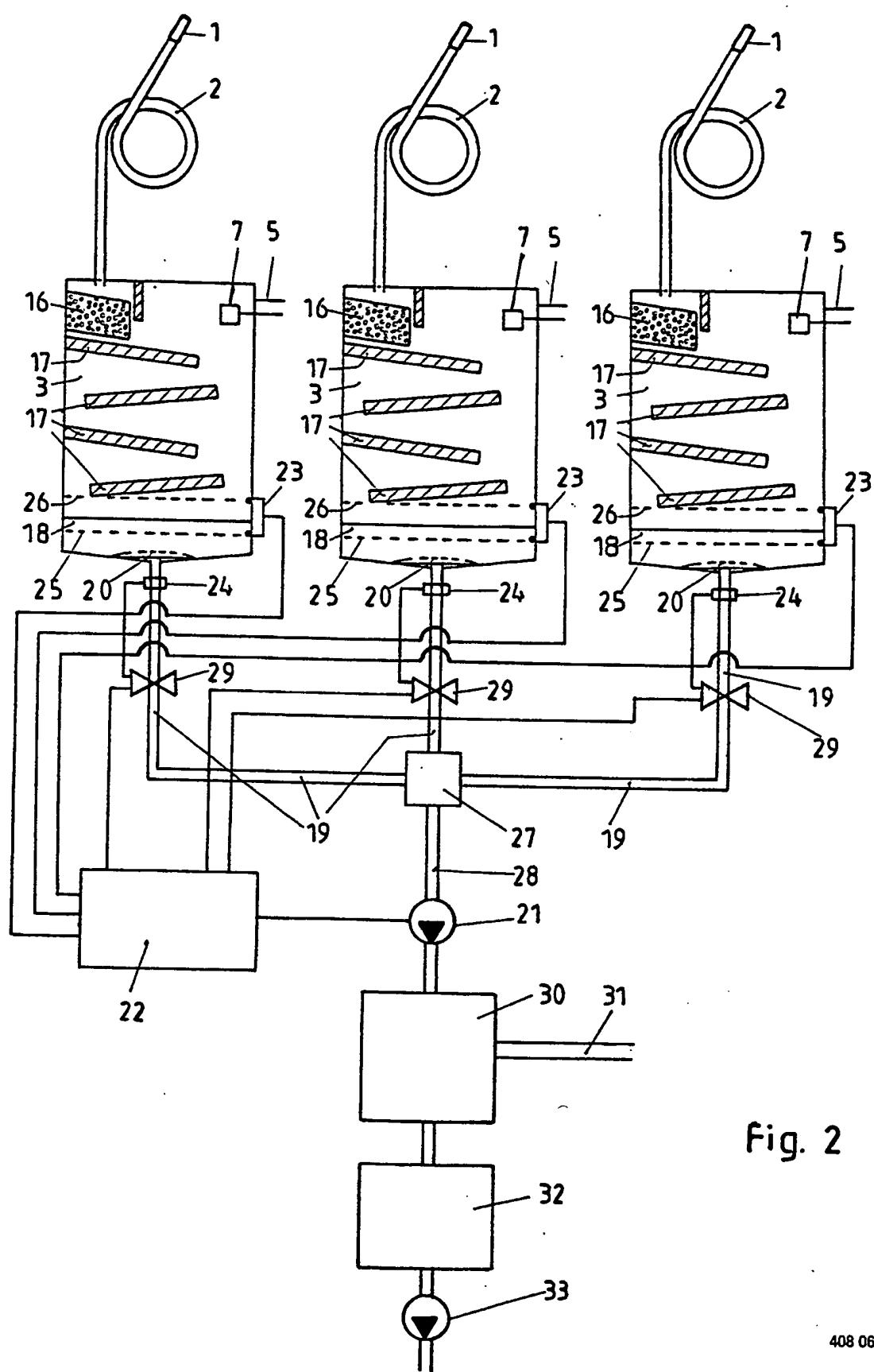


Fig. 2

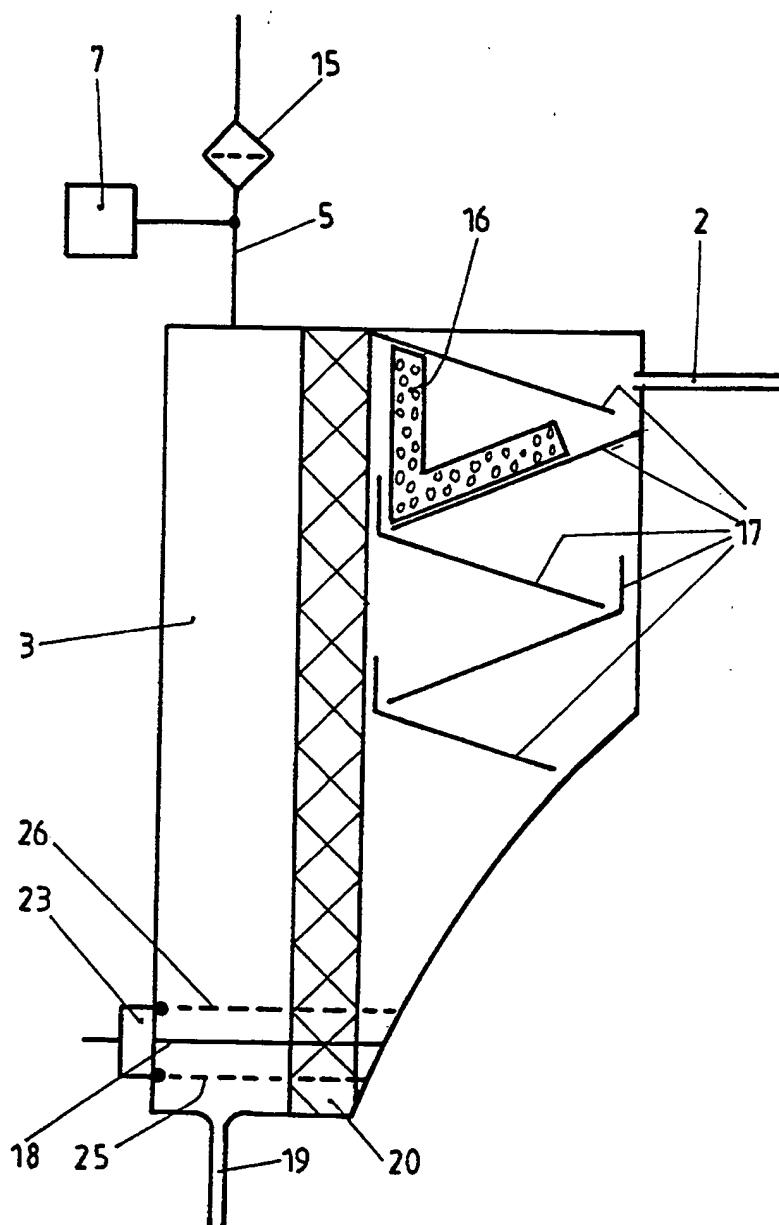


Fig. 3